

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Patrice PEREZ, et al.

GAU: 2881

SERIAL NO: 10/725,400

EXAMINER:

FILED: December 3, 2003

FOR: POSITRON SOURCE

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☒ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):

<u>Application No.</u>	<u>Date Filed</u>
60/470,883	May 16, 2003
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
FRANCE	03 02953	March 10, 2003
FRANCE	03 50154	May 15, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

Paul Sacher
Registration No. 43,418

THIS PAGE BLANK (USPTO)



601470.883
p 802953
Relecture
①

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 17 NOV. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 e W / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 10 MARS 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 10 MARS 2003 Vos références pour ce dossier (facultatif) B 14325.3 PV BD 1488		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS 422-5 S/002	
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	Date
		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) SOURCE DE POSITRONS			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement Public de Caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Domicile ou siège	Rue	31-33, rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75 15 21 PARIS 15ème	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2^{ème} page



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 * W / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 10 MARS 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT 0302953 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS 422-5 S/002	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B 14325.3 PV BD 1488			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) SOURCE DE POSITRONS			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement Public de Caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	31-33, rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752 PARIS 15ème	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE 10 MARS 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT 0302953 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 210502
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)			
Nom		LEHU	
Prénom		Jean	
Cabinet ou Société		BREVATOME	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7068	
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75 008 PARIS	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)		01 53 83 94 00	
N° de télécopie (facultatif)		01 45 63 83 33	
Adresse électronique (facultatif)		brevets.patents@brevalex.com	
7 INVENTEUR (S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	
J. LEHU			


**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**
REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES	Réservé à l'INPI
DATE	10 MARS 2003
LIEU	75 INPI PARIS B
N° D'ENREGISTREMENT	0302953
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

DB 540 W / 210502

6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)	
Nom	LEHU
Prénom	Jean
Cabinet ou Société	BREVATOME
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	PG 7068
Adresse	Rue
	Code postal et ville
	Pays
N° de téléphone (facultatif)	3, rue du Docteur Lancereaux
N° de télécopie (facultatif)	75 00 08 PARIS
Adresse électronique (facultatif)	FRANCE
N° de téléphone (facultatif) 01 53 83 94 00	
N° de télécopie (facultatif) 01 45 63 83 33	
Adresse électronique (facultatif) brevets.patents@brevaalex.com	
7 INVENTEUR (S)	
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
8 RAPPORT DE RECHERCHE	
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)	Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES	
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS	
<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint	<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe	<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)	
J. LEHU	
VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	

SOURCE DE POSITRONS

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne une source de positrons.

Elle a de très nombreuses applications, en particulier en physique de l'état solide, en science des matériaux et en physique des surfaces, où un haut
10 taux de comptage est important pour beaucoup d'applications telles que, par exemple, le microscope à balayage à positrons, les mesures du temps de vie en fonction de la profondeur d'implantation ou de l'élargissement Doppler, et la spectroscopie par
15 électrons Auger induite par l'annihilation de positrons (PAES).

D'autres applications de l'invention utilisent directement des « atomes » de positronium (le positronium étant l'état lié d'un électron et d'un
20 positron). Or, la production de positronium nécessite, elle aussi, beaucoup de positrons.

L'invention s'applique aussi en chimie moléculaire et plus particulièrement à la détermination de processus intervenant dans les matériaux
25 supraconducteurs à haute température critique.

Elle s'applique également à la détermination de la capacité de vieillissement des peintures et des revêtements (« coatings »).

En outre, l'invention s'applique à la
30 détection des défauts d'un matériau. On sait en effet, que l'annihilation des positrons est sensible à la

densité des électrons. De petites variations de cette densité sont détectées, par exemple, lorsque le matériau se dilate thermiquement. Des lacunes, c'est-à-dire des atomes uniques manquant dans le réseau (« lattice ») d'un matériau cristallin, sont alors détectées très facilement par leur faible densité électronique. Des concentrations de sites atomiques manquants, de l'ordre de 10^{-6} , peuvent être observées.

Comme l'analyse d'un matériau par un faisceau de positrons se fait sans contact, le matériau peut être chauffé à très haute température. Des sites vacants peuvent aussi être introduits à toute température par déformation mécanique, pulvérisation (« sputtering ») ou implantation d'ions.

L'énergie ajustable du faisceau de positrons permet d'obtenir une information en profondeur, avec une résolution de 10%, pour des structures en couches minces ou des échantillons comportant une distribution de défauts non uniforme.

En outre, dans les oxydes de dispositifs microélectroniques tels que les MOS, des champs électriques peuvent être utilisés pour faire dériver les positrons à l'interface d'étude.

Des groupements de sites vacants, formant des cavités de l'ordre de 0,5 nm, sont facilement observés par variation de l'élargissement Doppler et du temps de vie des positrons.

L'observation de la formation de positronium permet de mettre en évidence la présence de cavités plus étendues et d'obtenir la taille de celles-ci (jusqu'à 20 nm).

Pour des cavités encore plus grandes, l'ortho-positronium (état du positron dans lequel les spins de l'électron et du positron sont anti-parallèles) survit suffisamment longtemps pour que sa désintégration en trois photons survienne. Dans ce cas, la corrélation angulaire des photons permet de gagner un facteur 5 sur l'élargissement Doppler.

Signalons encore d'autres applications de l'invention :

- 10 - la PRS ou spectroscopie par émission de positrons,
- la PAES ou spectroscopie par électrons Auger, induite par l'annihilation de positrons,
- la REPELS ou spectroscopie de la perte d'énergie des positrons réémis,
- 15 - la LEPD ou diffraction de positrons de basse énergie,
- la PIIDS ou spectroscopie d'ions désorbés par des positrons,
- 20 - la PALS ou spectroscopie par mesure du temps de vie des positrons (cette technique ayant une grande importance en microélectronique),
- la VEPLS ou spectroscopie par temps de vie de positrons d'énergie variable, et
- 25 - la PAS ou spectroscopie par annihilation de positrons.

La présente invention concerne plus particulièrement la production d'un faisceau de positrons de basse énergie, inférieure à 10 MeV, ayant une intensité instantanée supérieure à 10^{10} positrons



par seconde, de préférence supérieure à 10^{12} positrons par seconde, en vue d'obtenir, par exemple :

- un faisceau de positrons de faible énergie, dont l'énergie est inférieure à 10 keV, par
5 couplage avec un piège (« trap ») approprié, ou
- des atomes de positronium, par interaction avec une cible appropriée.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

10 La production à haut débit (supérieur à 10^{10} par seconde) de positrons de faible énergie et « d'atomes » de positronium est nécessaire pour les applications industrielles telles que les mesures de défauts dans les cristaux ou les matières organiques,
15 lorsque l'on utilise, par exemple, la PAS (spectroscopie par annihilation de positrons) ou d'autres méthodes mentionnées plus haut.

Ces applications utilisent principalement des sources de ^{22}Na en tant que sources de faisceau de
20 positrons. De telles sources compactes se prêtent bien à la recherche en laboratoire. Mais leur activité maximale se situe autour de 4×10^9 Bq et leur vie moyenne est de seulement 2,6 ans.

Il existe, par ailleurs, quelques
25 accélérateurs dont une partie de l'activité, souvent mineure, se porte sur la production de faisceaux de positrons. Cependant, il s'agit d'installations « lourdes » puisque, bien souvent, l'énergie des électrons utilisés est de plusieurs dizaines de MeV,
30 typiquement 100 MeV. Les positrons émis peuvent atteindre plusieurs dizaines de MeV.

De plus, les positrons utiles pour les applications industrielles ont une énergie cinétique inférieure à au moins mille fois l'énergie du seuil de production. Pour les ralentir, on utilise classiquement
5 des modérateurs métalliques de très faible efficacité (inférieure à 0,001).

D'autre part, on sait piéger un faisceau de positrons dans un dispositif appelé « piège de Penning-Malmberg ». Un piège (« trap ») amélioré, appelé
10 « piège de Greaves-Surko », permet d'augmenter énormément la brillance du faisceau en divisant par mille la dispersion en énergie de ce faisceau, avec une efficacité de l'ordre de 1.

Des pièges de Greaves-Surko sont
15 commercialement disponibles auprès de la Société First Point Scientific. Ils comportent un modérateur en néon solide.

Depuis l'apparition de tel pièges, très avantageux pour les applications sus-mentionnées, leur
20 utilisation se généralise mais exige que les positrons aient une énergie inférieure à 1 MeV.

De plus, on connaît quatre techniques pour produire des positrons. Ces techniques utilisent des sources radioactives (de type ^{22}Na) ou les flux de
25 neutrons de réacteurs nucléaires ou des accélérateurs en tandem (destinés à accélérer des ions) ou des accélérateurs d'électrons.

On examine ci-après les inconvénients de ces techniques.

30 Le courant de positrons fourni par une source radioactive est limité par l'épaisseur du

matériau qui enveloppe la source. De plus, l'intensité du faisceau de positrons émis par une telle source est de l'ordre de $10^8 e^+/s$ et donc de l'ordre de $10^6 e^+/s$ après modération.

5 L'utilisation des flux de neutrons sortant d'un réacteur nucléaire permet d'obtenir des sources radioactives à courte durée de vie, aptes à produire des positrons de faible énergie. Cependant, une telle technique n'est pas industrialisable car elle nécessite
10 un réacteur nucléaire.

Une variante de la technique précédente consiste à utiliser un accélérateur en tandem pour accélérer des ions qui sont envoyés sur une cible. Cette cible devient radioactive et émet des positrons
15 de faible énergie. Bien qu'un accélérateur en tandem soit plus petit qu'un accélérateur de particules classique, il constitue une installation lourde qui nécessite une protection contre l'activation et une infrastructure de maintenance.

20 De grands accélérateurs linéaires, plus simplement appelés « linacs », sont également utilisés pour produire des positrons, en accélérant des électrons et en envoyant ces derniers sur une cible de tungstène ou de tantale. Cependant, ces grands linacs
25 sont des installations trop « lourdes » et trop peu nombreuses pour être propices au développement des applications des positrons, du genre de celles qui ont été mentionnées plus haut.

Revenons sur les chambres d'interaction
30 connues, contenant une cible qui est apte à engendrer

des positrons par interaction avec un faisceau d'électrons.

Pour produire des positrons (notés e^+) à partir d'un faisceau d'électrons (notés e^-), on doit
5 faire interagir ces électrons avec un matériau-cible. Les électrons émettent alors des photons X et gamma, lesquels se désintègrent parfois en paire ($e^+ e^-$).

Comme le nombre de positrons produits dépend du nombre d'électrons ayant interagi avec le
10 matériau-cible, l'homme du métier est conduit à utiliser des faisceaux intenses comme ceux produits par des accélérateurs de type linac.

Comme le nombre de e^+ produits par un faisceau d'électrons croît avec l'épaisseur de cible
15 traversée, l'homme du métier est conduit à augmenter cette épaisseur.

Mais alors deux problèmes se posent..

Premièrement, les rayons X déposent de l'énergie sous forme de chaleur dans la cible.

20 Deuxièmement, les e^+ créés peuvent être capturés dans la cible et s'annihiler avant de sortir de celle-ci. Cette annihilation peut avoir lieu suivant deux réactions, à savoir la collision directe avec un électron ou la formation d'un atome de positronium.

25 L'homme du métier associe naturellement l'usage d'une cible épaisse avec l'utilisation d'accélérateurs ayant une énergie élevée.

Les systèmes qui produisent des e^+ de haute énergie (supérieure à 10 MeV) pour des expériences de
30 physique des particules sont moins sensibles au deuxième problème parce que les e^+ de haute énergie ne



s'annihilent pas, et en particulier ne forment pas de positronium. Par contre, pour les applications industrielles, où les e^+ doivent avoir une très faible énergie, la formation de positronium durant le trajet qui sépare le lieu de création d'un e^+ du point de sortie de la cible détruit une grande partie des e^+ .

En revanche, le premier problème devient très pénalisant aux hautes énergies. Pour une même intensité de faisceau, un générateur de faisceau d'électrons de 100 MeV et un générateur de faisceau d'électrons de 10 MeV fourniront la même quantité de positrons « utiles », d'énergie inférieure ou égale à 1 MeV.

En revanche, le générateur de 100 MeV déposera sur la cible une énergie si considérable qu'il ne sera guère possible de la dissiper thermiquement. Pour maîtriser les échauffements, il faudra donc réduire l'intensité de ce faisceau dans une proportion importante, difficile à préciser car elle dépend aussi de plusieurs autres paramètres.

A titre d'exemple, en conservant les autres paramètres de fonctionnement d'un exemple de l'invention donné plus loin en faisant référence à la figure 3, et en ne faisant varier que l'énergie des électrons, cette réduction était de l'ordre des 6/7èmes du faisceau initial. Cela signifie que la quantité de positrons « utiles » serait réduite d'environ les 6/7èmes en augmentant l'énergie des électrons du faisceau de 10 à 100 MeV.

Pour utiliser une plus grande proportion des positrons produits, les grandes installations utilisant

un linac de haute énergie comme le Lawrence Livermore National Laboratory, en Californie (USA), ainsi que l'ISA « Institut for Storage ring facilities, University of Aarhus » (Danemark), recourent à des feuilles de ralentissement en tungstène, placées après la cible, éventuellement combinées à un champ électrique approprié. Mais un tel dispositif absorbe beaucoup de positrons, c'est à dire limite l'intensité du faisceau.

Par ailleurs, plus les positrons ont une énergie élevée, plus ils requièrent un vide poussé, très coûteux à obtenir.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents.

Elle a pour objet une source de positrons, cette source comprenant des moyens de génération d'un faisceau d'électrons et une cible qui comporte une surface sensiblement plane, cette cible étant prévue pour recevoir, sur cette surface sensiblement plane, le faisceau d'électrons sous un angle d'incidence prédéfini, compté par rapport à la surface sensiblement plane, et pour engendrer les positrons par interaction avec ce faisceau d'électrons, cette source étant caractérisée en ce que le faisceau d'électrons généré est continu ou quasi-continu et les électrons ont une énergie de l'ordre de 10 MeV, et l'épaisseur de la cible est inférieure à 500 μm et l'angle d'incidence prédéfini est inférieur à 10° .



Selon un mode de réalisation préféré de la source de positrons objet de l'invention, l'épaisseur de la cible est comprise dans l'intervalle allant de 10 μm à 100 μm , préférentiellement autour de 50 μm , et l'angle d'incidence prédéfini est compris dans l'intervalle allant de 2° à 5°.

De préférence, les moyens de génération du faisceau d'électrons génèrent un faisceau continu et comprennent un accélérateur d'électrons comportant une cavité coaxiale que les électrons traversent plusieurs fois dans un plan médian, perpendiculaire à l'axe de cette cavité.

Cet accélérateur d'électrons est connu sous le nom de « Rhodotron » (marque déposée) et décrit dans le document suivant :

FR 2616032 A correspondant à US 5107221 A.

Selon un mode de réalisation préféré, la présente invention comporte en outre des moyens de triage entre les positrons et les électrons n'ayant pas interagi avec la cible, qui comprennent :

- des premiers moyens magnétiques de même axe que le faisceau, prévus pour engendrer un champ magnétique apte à faire diverger les positrons émis par la cible, ces premiers moyens magnétiques étant disposés en amont de la cible à une distance appropriée,

- un quadrupôle magnétique de focalisation du faisceau de positrons, de même axe que ce faisceau, disposé en aval de la cible, et destiné à rendre circulaire la section du faisceau de positrons, qui est

très aplatie à la sortie de la zone d'interaction entre les électrons et la cible,

- des premiers moyens d'arrêt, situés sur l'axe du faisceau, en aval du quadrupôle, à une distance suffisante pour la focalisation des positrons en un faisceau de section circulaire, prévus pour arrêter des électrons du faisceau d'électrons qui n'ont pas interagi avec la cible

- des deuxièmes moyens magnétiques, de même axe que le faisceau, disposés en aval des premiers moyens d'arrêt, et à une distance appropriée des premiers moyens magnétiques pour engendrer un champ magnétique apte à faire converger les positrons, les premiers et deuxièmes moyens coopérant pour engendrer un champ magnétique apte à éviter à ces positrons de rencontrer les premiers moyens d'arrêt.

La source de positrons objet de l'invention peut comprendre en outre des moyens de piégeage (« trapping means »), prévus pour piéger les positrons engendrés par la cible.

Les moyens de piégeage comportent un modérateur prévu pour ralentir les positrons et des moyens magnétiques de concentration de ces positrons.

Ces moyens de piégeage peuvent comprendre un piège (« trap ») de Greaves-Surko au sujet duquel on consultera le document suivant :

R. Greaves et C. M. Surko, Nucl. Inst. Meth. B192 (2002) 90.



De préférence la source de positrons objet de l'invention comprend en outre :

- des deuxièmes moyens d'arrêt, comme par exemple un mur de plomb refroidi par circulation d'eau, 5 prévus pour arrêter des électrons du faisceau d'électrons, qui n'ont pas interagi avec la cible et ont atteint une zone comprise entre les deuxièmes moyens magnétiques et les moyens de piégeage, et pour empêcher ces électrons d'atteindre ces moyens de 10 piégeage, et
- des moyens de guidage des positrons vers les moyens de piégeage à travers ces deuxièmes moyens d'arrêt.

15

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et 20 nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- les figures 1A et 1B montrent schématiquement l'émission de rayons X lorsqu'un faisceau d'électrons interagit à 25 grand angle avec une cible épaisse (figure 1A) et lorsque ce faisceau interagit en incidence rasante avec une cible mince (figure 1B),
- les figures 2A et 2B montrent schématiquement l'émission de positrons 30 lorsqu'un faisceau d'électrons interagit à

grand angle avec une cible épaisse (figure 2A) et lorsque ce faisceau interagit en incidence rasante avec une cible mince (figure 2B),

5 - la figure 3 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier de la source de positrons objet de l'invention, et

10 - la figure 4 est une vue en coupe schématique de la cible utilisée dans la source de positrons de la figure 3.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

L'invention repose essentiellement sur
15 l'interaction d'une cible mince, de préférence en tungstène, et d'un faisceau d'électrons que l'on envoie sous incidence rasante sur cette cible.

De préférence, l'épaisseur de la cible est
comprise dans l'intervalle allant de 10 μ m à 100 μ m et
20 vaut par exemple 50 μ m et l'angle du faisceau d'électrons avec la cible est compris dans l'intervalle allant de 2° à 5° et vaut par exemple 3°.

Cette invention permet de produire des
positrons ayant une basse énergie (inférieure à 1 MeV)
25 à partir de faisceaux d'électrons de faible énergie (10 MeV), émis par une source d'électrons fonctionnant en mode continu. Grâce à cette caractéristique, la source d'électrons peut être un Rhodotron (marque déposée), qui est une machine industrielle, de faible
30 volume et de faible consommation (100kW au maximum).

Les deux problèmes mentionnés plus haut limitent la capacité de production de positrons de basse énergie dans les systèmes connus. L'invention repousse ces limites en abaissant la chaleur déposée dans la cible et en raccourcissant le chemin que doit parcourir un e^+ pour sortir de la cible. Enfin, l'invention permet une collection plus efficace des e^+ produits.

Schématiquement, dans les systèmes connus, les e^- sont envoyés à 90° (ou à grand angle, par exemple 45°) du plan de la cible. Dans l'invention, les e^- sont envoyés avec une incidence rasante, typiquement 3° , par rapport au plan de la cible. Cette configuration particulière présente plusieurs avantages par rapport aux configurations des systèmes connus.

Considérons d'abord la chaleur déposée dans la cible en faisant référence à la figure 1A (faisceau d'électrons à grand angle) et à la figure 1B (faisceau d'électrons en incidence rasante).

Les rayons X qui chauffent la cible sont ceux dont l'énergie vaut quelques keV (la longueur d'onde de tels photons permettant la création de vibrations du réseau (« lattice ») des atomes de la cible).

Or, ces rayons X (référence 2 sur les figures 1A et 1B) sont émis préférentiellement avec un grand angle par rapport à la ligne de vol (« line of flight ») des électrons.

Donc, si cette ligne de vol n'est pas rasante par rapport à la cible épaisse 6, ces rayons X doivent parcourir un grand chemin avant de sortir de la

cible et y déposent la plus grande partie de leur énergie, ce qui provoque l'échauffement de la cible.

Au contraire, dans l'invention (figure 1B), la ligne de vol 4 des électrons a une incidence rasante par rapport au plan de la cible mince 8 et les rayons X de quelques keV (référence 2) ont un chemin sensiblement plus court pour sortir de la cible. En conséquence, ils déposent moins d'énergie dans la cible, ce qui limite l'échauffement de celle-ci.

Considérons ensuite la perte des e^+ de basse énergie dans la cible en faisant référence à la figures 2A (faisceau d'électrons à grand angle) et à la figure 2B (faisceau en incidence rasante).

Sur la figure 2A, les références 10, 12 et 14 représentent respectivement un positron de moins de 1MeV, qui est émis à grand angle et détruit dans la cible épaisse 6, un positron de moins de 1MeV, qui est émis à grand angle et sort de la cible, et un positron de moins de 1MeV qui est émis à grand angle et sort de la cible après diffusion (« scattering »).

Sur la figure 2B, les références 16 et 18 représentent respectivement un positron de moins de 1MeV, qui est émis à grand angle et sort de la cible mince 8 sans diffusion, et un positron de moins de 1MeV qui est émis à grand angle et sort de la cible mince 8 sans diffusion.

Tout comme pour les photons X, les e^+ produits à basse énergie (moins de 1MeV) sont émis préférentiellement à grand angle par rapport à la ligne de vol 4 des électrons. Donc, pour les mêmes raisons, si cette ligne de vol des e^- n'est pas rasante (figure



2A), les e^+ doivent parcourir une grande distance pour sortir de la cible.

Au contraire, si la ligne de vol est rasante (figure 2B), ils doivent parcourir une petite
5 distance. En conséquence, les e^+ ont une plus grande probabilité de sortir de la cible si la ligne de vol des e^- est rasante.

Donc deux quantités sont à prendre en compte, à savoir l'épaisseur de cible traversée par les
10 e^- et la distance entre le point de production des rayons X et des e^+ de la sortie de la cible.

Définissons "l'épaisseur équivalente" E_q comme étant l'épaisseur de cible traversée par un électron e^- en ligne droite. Plus l'épaisseur
15 équivalente est grande, plus les e^- produisent des e^+ et des rayons X de quelques keV qui chauffent la cible.

Considérons deux systèmes ayant une même épaisseur équivalente, l'un avec un faisceau d'électrons e^- orthogonal à la cible (90°) et l'autre
20 avec un faisceau d'électrons en incidence rasante (3°).

Pour une incidence rasante à 3° , la distance parcourue par les e^+ et les rayons X pour sortir de la cible sera 20 fois plus petite que pour un
faisceau orthogonal à la cible (incidence à 90°). Cette
25 distance plus courte à 3° est la raison pour laquelle on peut envoyer un faisceau plus intense à 3° qu'à 90° avant de faire fondre la cible. Par ailleurs, les e^+ produits ont une probabilité plus grande de ne pas être détruits dans la cible.

30 Les inventeurs ont observé que pour un même nombre d'électrons traversant la cible l'échauffement

est beaucoup plus petit à 3° , qu'à épaisseur (distance) équivalente égale, on ne produit pas moins de e^+ en étant à 3° et qu'à échauffement égal on produit beaucoup plus de e^+ à 3° .

5 Considérons ensuite l'efficacité de collection des e^+ produits.

 Une fois les e^+ produits et extraits de la cible, il faut les séparer du faisceau d'électrons car celui-ci a une énergie très grande, incompatible avec
10 les appareillages qui collectent les e^+ .

 Par ailleurs, pour utiliser les e^+ , il faut pouvoir les concentrer spatialement. Ces deux contraintes sur l'utilisation des e^+ sont réalisées dans les systèmes connus au prix d'une très grande
15 perte de e^+ .

 A nouveau, l'utilisation d'un faisceau en incidence rasante (par exemple 3°) sur une cible mince, dont l'épaisseur vaut par exemple $50\mu\text{m}$ (épaisseur équivalente : 1 millimètre), permet d'obtenir une bonne
20 efficacité de collection des e^+ tout en les séparant des e^- .

 En effet, en incidence rasante on peut étaler les e^- sur une grande surface de cible sans pour autant que les e^+ produits soient collectés sur une
25 grande surface. Appelons "surface frontale" la surface d'où viennent les e^+ vus depuis le système de collection.

 Alors, à 3° , la surface frontale d'interaction des e^- sur la cible est de $1 \times 20 \text{ mm}^2$ pour
30 une surface de cible de $20 \times 20 \text{ mm}^2$. A une incidence de 90° , cette surface frontale serait 20 fois plus grande

Donc le système de collection devrait couvrir une surface 20 fois plus grande.

D'autre part, comme on l'a vu plus haut, les e^+ produits ont une distance beaucoup plus courte à parcourir pour sortir de la cible en incidence rasante qu'à grand angle. Comme la diffusion des e^+ par la cible est proportionnelle à cette distance, plus celle-ci est courte et moins les e^+ sont diffusés (« scattered »).

En conséquence, en incidence rasante, la trajectoire des e^+ pour sortir de la cible est peu modifiée. C'est pourquoi la corrélation statistique entre l'angle d'émission d'un positron et l'énergie de ce dernier est conservée.

En particulier, comme les e^+ de basse énergie que l'on souhaite collecter sont émis à grand angle par rapport aux électrons, cette séparation angulaire peut être mise à contribution pour séparer les e^+ des e^- du faisceau qui traverse la cible.

Ces deux avantages vont maintenant être présentés à propos d'un exemple de la source de positrons, objet de l'invention.

Cet exemple est schématiquement représenté sur la figure 3 et constitue un système de production et d'extraction de e^+ de basse énergie (inférieure ou égale à 1 MeV).

Ce système comprend successivement, le long d'un axe x :

- un Rhodotron (marque déposée) 20, qui fournit un faisceau d'électrons 22 destiné à produire

les positrons, ce faisceau se propageant suivant l'axe x,

- des moyens 24 de mise en forme et de guidage du faisceau 22,

5 - une première bobine magnétique 26, dont l'axe est l'axe x,

- une plaque mince 28 en tungstène, dont une face reçoit le faisceau 22 sous une incidence rasante, cette plaque 28 constituant la cible pour les
10 électrons,

- un aimant quadrupolaire 30 qui focalise sur l'axe x les positrons émis par la plaque 28,

- un cylindre 32 en tungstène, destiné à arrêter des électrons ayant traversé la plaque 28,

15 - une deuxième bobine magnétique 36, dont l'axe est l'axe x,

- un mur en plomb 38, destiné à absorber les électrons résiduels et refroidi par une circulation d'eau 40,

20 - un solénoïde 42 dont l'axe est l'axe x et qui traverse le mur 38, un perçage 44 étant prévu à cet effet dans le mur, ce solénoïde pouvant être remplacé par un ensemble de bobines magnétiques admettant l'axe x comme axe commun,

25 - un piège de Greaves-Surko 46 précédé d'un modérateur 48.

Une enceinte à vide 29 est prévue pour la propagation sous vide des électrons, issus du Rhodotron, et des positrons.

La figure 4 permet de préciser l'orientation de la plaque-cible 28 dont l'épaisseur est notée e .

On définit deux autres axes y et z perpendiculaires l'un à l'autre et à l'axe x , comme on le voit sur les figures 3 et 4.

La plaque 28 est parallèle à l'axe y et fait un angle α très faible, de l'ordre de 3° dans l'exemple, avec l'axe x .

On voit aussi des flèches 28a représentant les positrons émis par la cible et une flèche 28b représentant les électrons qui traversent cette cible, sans interagir avec celle-ci.

La bobine 26 est supraconductrice et a un diamètre intérieur de 20 cm. Elle est parcourue par un courant de 600 kA. Cette bobine produit en son centre un champ magnétique de 3,8 T.

La cible en tungstène a une épaisseur e de 50 μm . Elle est placée quelques centimètres après le centre de la bobine 26 et sa surface est de 3 cm x 3 cm, bien que seule une partie centrale de 2 cm x 2 cm de cette surface intercepte les électrons.

L'aimant quadrupolaire 30 comporte quatre bobines constituant les pôles de cet aimant et ayant une surface d'entrée située à 10 cm de l'axe x . Ces bobines ont 100 boucles et chaque boucle est parcourue par un courant de 20 A. L'aimant 30 est placé à une distance de 10 cm du bord de la cible 28.

La bobine 36 a un diamètre intérieur de 60 cm. Cette bobine a 1000 boucles et chaque boucle est parcourue par un courant de 20 A. Cette bobine est

placée à une distance de 60 cm du centre de la cible 28.

Le solénoïde 42 a un diamètre légèrement inférieur à 10 cm et une longueur de 100 cm et peut 5 être remplacé par des bobines de diamètre légèrement inférieur à 10 cm, espacées de 7 cm les unes des autres. Ces bobines ont chacune 100 boucles et sont chacune parcourues par un courant de 20 A.

Que ce soit avec un solénoïde où avec des 10 bobines, il s'agit de réaliser un tube de champ magnétique assez uniforme et de faible intensité qu'on appelle "tube de sortie".

Ce tube de sortie traverse dans ses derniers 10 cm le mur de plomb 38 qui sert à absorber 15 les e^- tandis que les e^+ collectés traversent le mur à travers le tube de sortie.

Le faisceau d'électrons 22, de 10 MeV, fourni par le Rhodotron, est rectangulaire, avec une section de 1 mm x 20 mm, la plus grande dimension 20 (20 mm) étant parallèle au plan de la cible. la trajectoire du faisceau fait un angle de 3° par rapport à ce plan.

La cible est placée après la bobine supraconductrice 26 pour que les e^+ émis par la cible 25 soient dans un champ divergent. Cette configuration permet aux e^+ de très basse énergie (quelques dizaines de keV) de se propager vers les x positifs ("vers l'avant").

Les e^+ de moins de 1 MeV étant émis 30 préférentiellement à un angle supérieur à 45° , ils sont capturés par les lignes de champ de la bobine 26 et

divergent par rapport à l'axe x. La bobine 36, dont le diamètre est 3 fois plus grand que celui de la bobine 26 et dont le courant est 30 fois plus faible que celui de cette bobine 26, produit un champ faiblement
5 convergent.

Cette bobine 36 étant placée à 1 mètre de la bobine 26, elle ne devient prépondérante qu'à 80 cm de la cible de sorte que les e^+ de basse énergie qui s'étaient éloignés de l'axe x en suivant les lignes de
10 champ de la bobine 26 sont maintenant captés par celles de la bobine 36 et convergent à nouveau vers l'axe x.

Ce trajet, qui s'éloigne puis se rapproche de l'axe x, permet aux e^+ de basse énergie d'éviter le cylindre de tungstène 32, ce cylindre 32 ayant un
15 diamètre de 2 cm et une longueur de 5 cm et se trouvant sur l'axe x à 75 cm de la cible.

Les électrons qui n'ont pas produit de paire (e^+e^-) ont une énergie comprise entre 9 MeV et 10 MeV. ils ne sont donc pas piégés par les lignes de
20 champ des bobines 26 et 36. Ces électrons, dont la trajectoire avant la cible est à 3° de l'axe x, restent sensiblement dans un cône d'axe x et de demi-angle au sommet 3° .

Le seul effet de la bobine 26 est de faire
25 tourner le faisceau d'électrons de 45° environ autour de l'axe x tout en restant sensiblement dans ce cône. En conséquence, ces électrons s'éloignent de 5 cm environ pour 1 mètre de propagation suivant l'axe x.

Du fait de la forme rectangulaire du
30 faisceau, 10 % de ces électrons se mélangeraient aux e^+ à la sortie du système si l'on ne les arrêtait pas.

Mais, comme la bobine 26 ne les éloigne pas de l'axe x, ces électrons sont arrêtés par le cylindre de tungstène.

Après la bobine 36, les e^+ sont guidés vers la sortie par le tube de champ magnétique (ce champ étant faible). La distance qui sépare la bobine 36 du mur de sortie 38 est de 1 mètre.

Les électrons qui n'ont pas été arrêtés par le cylindre de tungstène 32 sont, au niveau du mur de sortie 38, en dehors de ce cylindre 32 de sorte qu'ils sont arrêtés par ce mur qui est constitué d'un blindage en plomb refroidi par une circulation d'eau.

L'efficacité du système de la figure 3 est illustrée par les valeurs numériques suivantes.

un faisceau d'électrons ayant une énergie de 10 MeV et une intensité de 5 mA, a une puissance de 50 kW. Sur ces 50 kW :

- la cible produit environ 10 W sous forme de paires (e^+e^-),
- 5 kW sont arrêtés par le cylindre en tungstène,
- 125 W passent à travers le tube de sortie, à un rayon inférieur à 4 cm,
- 750 W passent à travers le tube de sortie, à une distance comprise entre 4 cm et 5 cm de l'axe x,
- le reste (environ 44 kW) est arrêté par le mur de plomb.

Par ailleurs, l'efficacité de collection, mesurée comme étant le nombre de e^+ à la sortie du tube de sortie, divisée par le nombre de e^+ produit, est



respectivement de 54 % pour des e^+ de moins de 1 MeV et de 77 % pour des e^+ de moins de 600 keV.

Ce système illustre l'intérêt d'une cible mince (par exemple de 50 μm d'épaisseur), utilisée en incidence rasante, car cela permet de garder la
5 corrélation entre l'angle d'émission des e^+ et l'énergie. Sans cette corrélation, la séparation ne fonctionnerait pas.

Par ailleurs, cette configuration permet de
10 garder une petite section de faisceau (1 mm x 20 mm) sans laquelle les e^+ émis seraient trop dispersés pour pouvoir être collectés efficacement à la sortie.

L'ensemble du trajet des positrons se trouve dans une enceinte à vide dans laquelle la
15 pression résiduelle est faible, de préférence de l'ordre de 100 Pa. En effet, à la pression atmosphérique (de l'ordre de 10^5Pa), 65 % des e^+ seraient perdus (ce calcul tenant compte de la diffusion (« scattering »)). Une pression de 10^2Pa
20.. réduit la perte à moins de un pour mille.

REVENDECATIONS

1. Source de positrons, cette source comprenant des moyens (20) de génération d'un faisceau d'électrons, et une cible (28) qui comporte une surface sensiblement plane, cette cible étant prévue pour recevoir, sur cette surface sensiblement plane, un faisceau d'électrons sous un angle d'incidence prédéfini, compté par rapport à la surface sensiblement plane, et pour engendrer les positrons par interaction avec ce faisceau d'électrons, cette source étant caractérisée en ce que le faisceau d'électrons généré est continu ou quasi-continu et les électrons ont une énergie de l'ordre de 10 MeV, et l'épaisseur de la cible est inférieure à 500 μm et l'angle d'incidence prédéfini est inférieur à 10° .

2. Source de positrons selon la revendication 1, dans laquelle l'épaisseur de la cible (28) est comprise dans l'intervalle allant de 10 μm à 100 μm et l'angle d'incidence prédéfini est compris dans l'intervalle allant de 2° à 5° .

3. Source de positrons selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans laquelle les moyens de génération du faisceau d'électrons génèrent un faisceau continu, et comprennent un accélérateur d'électrons (20) comportant une cavité coaxiale que les électrons traversent plusieurs fois dans un plan médian, perpendiculaire à l'axe de cette cavité.

4. Source de positrons selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant en outre des moyens de triage entre les positrons et les électrons n'ayant pas interagi avec la cible, qui
5 comprennent :

- des premiers moyens magnétiques (26) de même axe que le faisceau, prévus pour engendrer un champ magnétique apte à faire diverger les positrons émis par la cible, ces premiers moyens magnétiques
10 étant disposés en amont de la cible à une distance appropriée,

- un quadropôle magnétique (30) de focalisation du faisceau de positrons, de même axe que ce faisceau, disposé en aval de la cible, et destiné à
15 rendre circulaire la section du faisceau de positrons, qui est très aplatie à la sortie de la zone d'interaction entre les électrons et la cible ,

- des premiers moyens d'arrêt (32), situés sur l'axe du faisceau, en aval du quadropôle, à une
20 distance suffisante pour la focalisation des positrons en un faisceau de section circulaire, prévus pour arrêter des électrons du faisceau d'électrons qui n'ont pas interagi avec la cible,

- des deuxièmes moyens magnétiques (36), de même axe que le faisceau, disposés en aval des premiers moyens d'arrêt, et à une distance appropriée des premiers moyens magnétiques pour engendrer un champ magnétique apte à faire converger les positrons, les premiers et deuxièmes moyens coopérant pour engendrer
25 un champ magnétique apte à éviter à ces positrons de
30 rencontrer les premiers moyens d'arrêt.

5. Source de positrons selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comportant en outre :

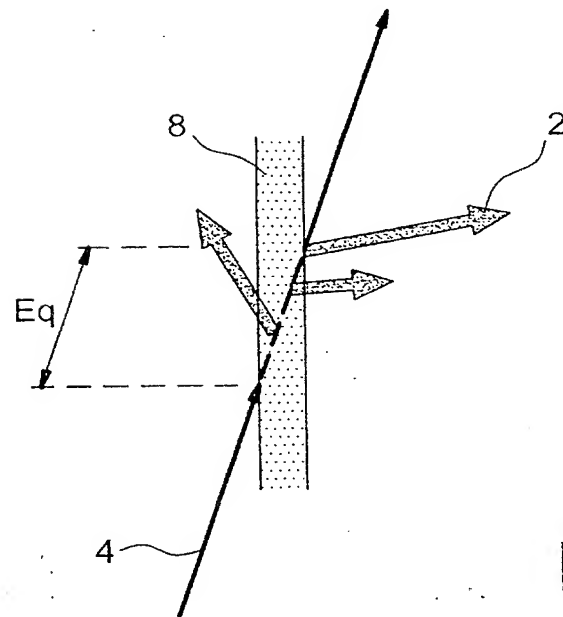
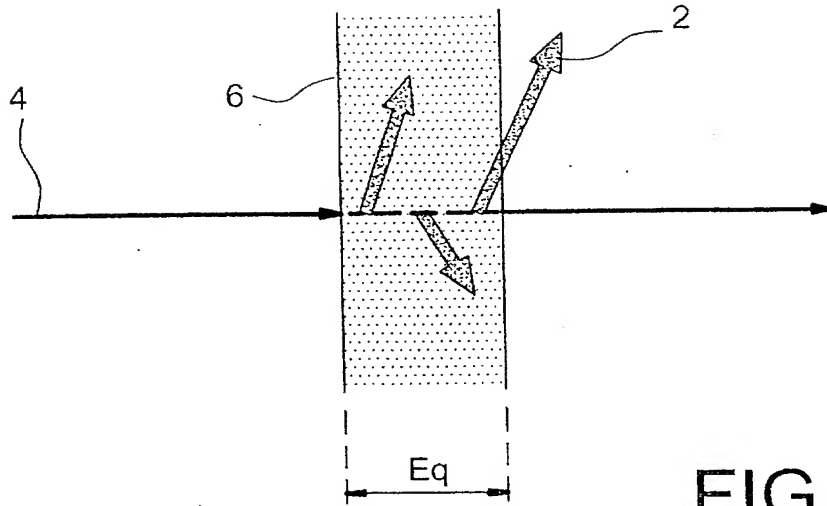
- 5 - des moyens de piégeage (46), prévus pour piéger les positrons engendrés par la cible, et
 - des moyens de guidage (42), prévus pour guider ces positrons vers ces moyens de piégeage.
- 10

6. Source de positrons selon la revendication 5, dans laquelle les moyens de piégeage (46) comprennent un piège de Greaves-Surko.

15

7. Source de positrons selon la revendication 4 et l'une quelconque des revendications 5 et 6, comprenant en outre :

- 20 - des deuxièmes moyens d'arrêt (38), prévus pour arrêter des électrons du faisceau d'électrons, qui n'ont pas interagi avec la cible et ont atteint une zone comprise entre les deuxièmes moyens magnétiques et les moyens de piégeage, et pour empêcher ces électrons d'atteindre ces moyens de piégeage, et
- 25 - des moyens de guidage (42) aptes à guider les positrons vers les moyens de piégeage, à travers ces deuxièmes moyens d'arrêt.



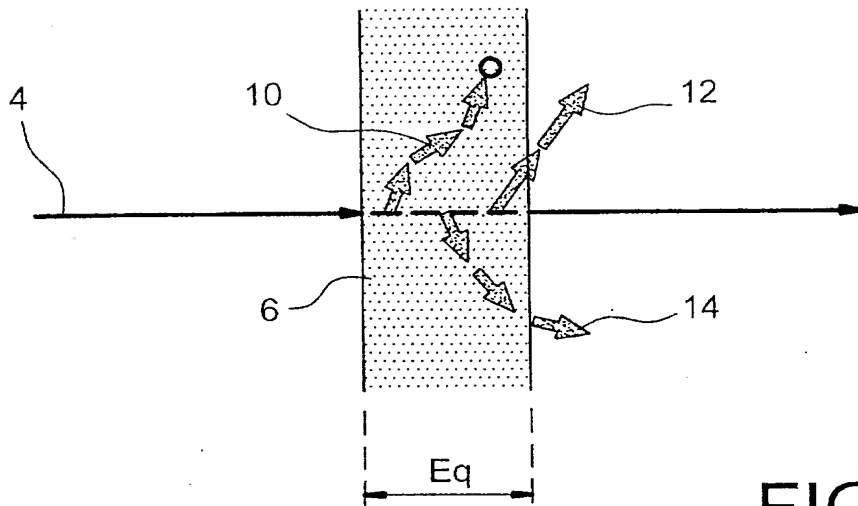


FIG. 2A

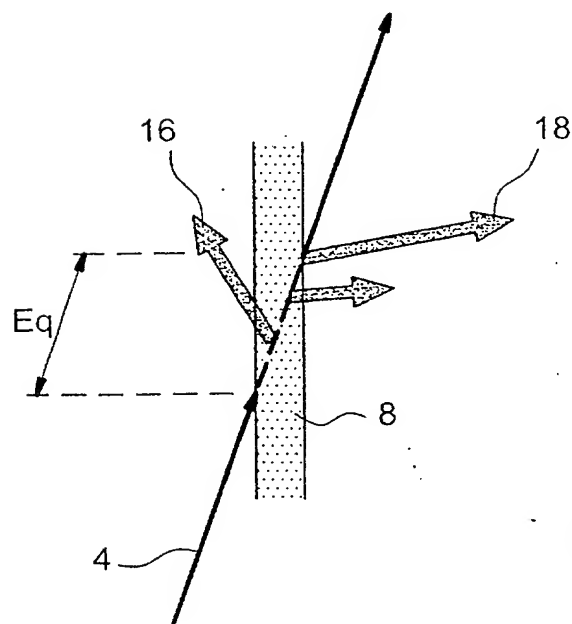


FIG. 2B

3 / 4

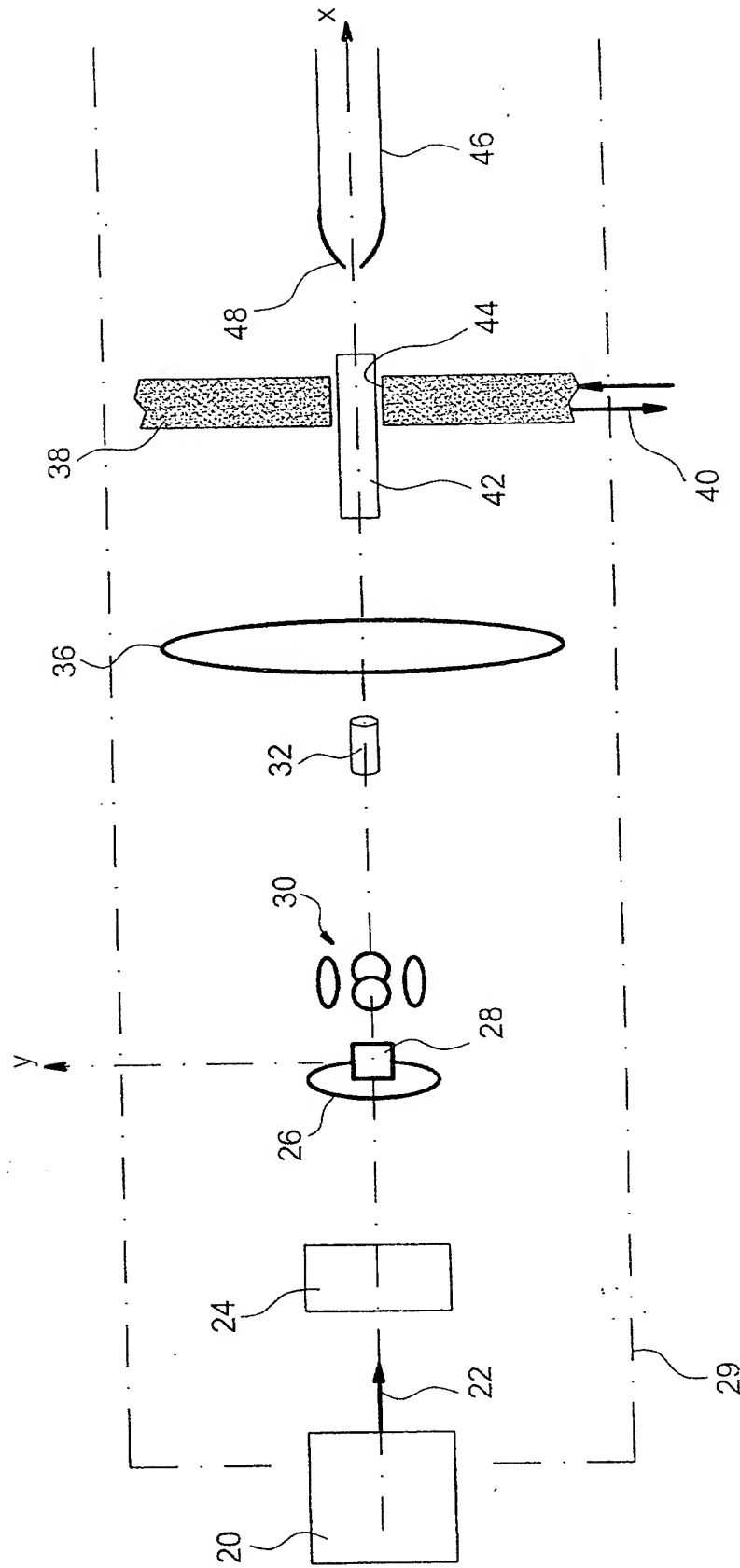


FIG. 3

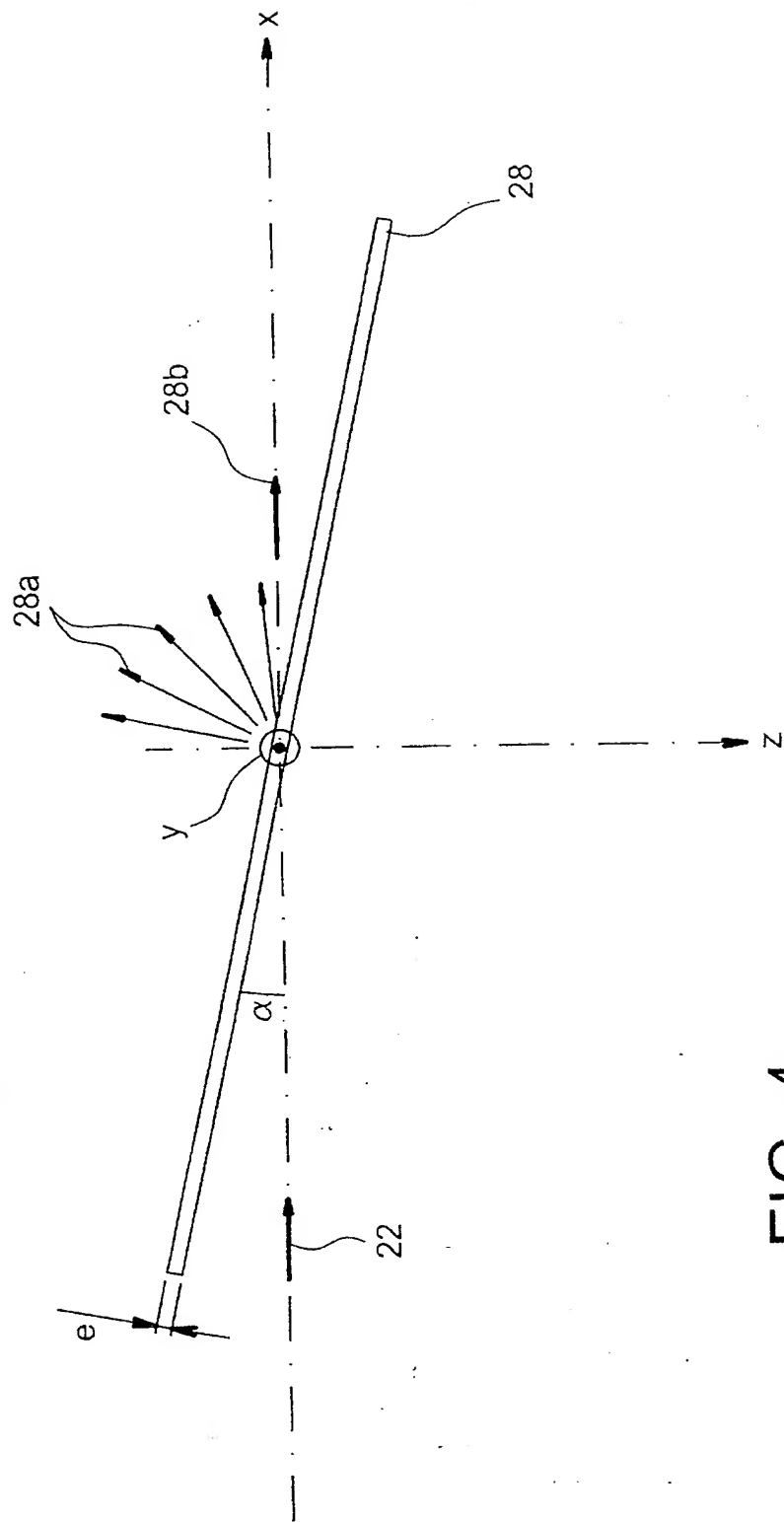


FIG. 4



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235*03

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

INV

(À fournir dans le cas où les demandeurs et
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B 14325.3 PV	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03 029 13	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
SOURCE DE POSITRONS			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33, rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème FRANCE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :			
1 Nom		PEREZ	
Prénoms		Patrice	
Adresse	Rue	4, rue Max Ernst	
	Code postal et ville	[9][1][4][4][0] BURES SUR YVETTE FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
2 Nom		ROSOWSKY	
Prénoms		André	
Adresse	Rue	117, avenue de Choisy	
	Code postal et ville	[7][5][0][1][3] PARIS FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
3 Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville	[][][][][]	
Société d'appartenance (facultatif)			
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire).			
Paris, le 10 mars 2003			
J. LEHU			

THIS PAGE BLANK (USPTO)



22850

703-413-3000

SERIAL NO.: 601470,883

FILING DATE: May 16, 2003